



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN FISIOTERAPIA

**EFFECTOS DE LA SUPLEMENTACIÓN CON MEMBRANA DE  
CÁSCARA DE HUEVO SOBRE ALTERACIONES TENDINOPÁTICAS,  
ARTICULARES Y VARIABLES MECÁNICAS DEL TENDÓN DE  
AQUILES EN DEPORTISTAS DE CROSSFIT**

**Autor:** Lucas Jáuregui Bidegáin

**Director:** Igor Setuain Chourraut

## **RESUMEN**

**Introducción:** En la patología del tendón de aquiles es determinante el análisis de los factores mecánicos que ayudan a explicar el comportamiento del tendón, siendo de los más estudiados el stiffness lineal. No existe actualmente evidencia acerca de los efectos de la suplementación con membrana de cáscara de huevo en el stiffness. Únicamente se ha examinado mediante escalas de valoración subjetiva, por lo que la medición mediante ecografía del stiffness tendinoso como variable directa del comportamiento del tendón puede suponer un nuevo avance en el conocimiento del mecanismo de acción de este tipo de suplementación.

**Objetivo:** Examinar los efectos de la suplementación mediante membrana de cáscara de huevo sobre variables subjetivas y stiffness lineal del tendón de aquiles en deportistas de crossfit.

**Metodología:** se realizó un estudio controlado y aleatorizado en hombres de entre 20 y 45 años de edad ( $n = 12$ ) sin lesión, en periodo estable de entrenamiento, no alérgicos al huevo, con un dolor  $> 2$  en la escala Likert (1-10) y con un periodo previo de lavado. Se dividieron en grupo control (GC) y grupo intervención huevo (GIH) de forma aleatoria. Se realizó una experiencia piloto 'a propósito de dos casos' para examinar el stiffness. Los sujetos rellenaron las escalas funcionales subjetivas 'Likert' y 'WOMAC'. En el estudio piloto los sujetos realizaron 3 contracciones isométricas válidas, normalizadas a 100 N, de los flexores plantares de la EI dominante y simultáneamente se realizó una prueba ecográfica en el tendón de aquiles (TA) para medir el desplazamiento de la unión músculo tendinosa (UMT). Mediante el cociente de fuerza y desplazamiento de la UMT se obtuvo la variable de stiffness.

**Resultados:** Se produjo disminución del dolor general (30%), rigidez articular (51%), dolor articular (10%) y aumento de funcionalidad (13%) en GIH ( $p > 0.05$ ) con tamaños de efecto moderado y alto ( $d > 0.5$ )( $d > 0.8$ ). Las mejoras fueron superiores en GC. En el 'Case report' se produjo disminución del 19.2% en el stiffness del TA ( $p > 0.05$ ) con tamaño de efecto alto ( $d > 0.8$ ).

**Conclusiones:** La suplementación mediante membrana de cáscara de huevo produce mejoras en las variables de las escalas funcionales subjetivas y resultados prometedores en el stiffness lineal en deportistas de 'Crossfit'.

**Palabras Clave:** Stiffness TA, tendinopatía aquilea, suplementación y stiffness lineal, membrana de cáscara de huevo.

## **ABSTRACT**

**Introduction:** In TA pathology becomes determinant the analysis of the mechanical factors that help us to explain the behavior of the tendon, being the linear stiffness one of the most important. There is currently no evidence about the effects of eggshell membrane supplementation on stiffness. It has only been examined by using subjective assessment scales, so that, the measurement with ultrasound of the tendinous stiffness as a direct behavior variable of the tendon can be a new breakthrough in the knowledge of the mechanism of action of such type of supplementation.

**Objective:** To examine the effects of eggshell membrane supplementation on subjective variables and linear stiffness of the Achilles tendon in 'Crossfit' athletes.

**Methods:** A randomized controlled study, in men between 20 and 45 years of age ( $n = 12$ ) without injury, in training stable period, not allergic to egg, with a  $> 2$  Likert pain scale (1-10) score and with a previous washout, was conducted. They were divided into control group (CG) and egg intervention group (EIG) randomly. A pilot case report experience was performed to examine stiffness. Subjects completed subjective functional scales 'Likert' and 'WOMAC'. In pilot experience subjects performed 3 valid isometric contractions, normalized to 100 N, of the plantarflexors muscles of the dominant member, and at the same time, it was carried out an ultrasound test on achilles tendon (AT) to measure the displacement of the muscle tendon junction (MTJ). The ratio of the force and UMT displacement was obtained to calculate the linear stiffness.

**Results:** Decreases in overall pain (30%), joint stiffness (51%), joint pain (10%) and increased functionality (13%) occurred in GIH ( $p > 0.05$ ) with moderate and high effect sizes ( $d > 0.5$ ) ( $d > 0.8$ ). The improvements were greater in GC. 'Case report' sample produced 19.2% decrease in AT stiffness ( $p > 0.05$ ) with high effect size ( $d > 0.8$ ).

**Conclusions:** Supplementation with eggshell membrane produces improvements on subjective functional scales as well as promising results on linear stiffness in 'Crossfit' athletes.

**Keywords:** AT stiffness, Achilles tendinopathy, supplementation and stiffness, eggshell membrane.

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN / ANTECEDENTES / MARCO CONCEPTUAL.....	1
2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS .....	7
3. METODOLOGÍA Y MATERIALES .....	8
3.1 Diseño experimental .....	8
3.2 Sujetos.....	9
3.3 Mediciones y procedimientos experimentales .....	10
4. RESULTADOS.....	16
4.1 Resultados de escalas de valoración subjetiva.....	16
4.2 Resultados de fuerza TA y desplazamiento UMT en ‘Case report’ .....	20
4.3 Resultados de stiffness lineal TA en ‘Case report’ .....	21
5. DISCUSIÓN.....	23
5.1 Escalas de valoración subjetiva .....	23
5.2 Stiffness lineal TA ‘Case report’ .....	25
5.3 Limitaciones del estudio.....	26
5.4 Líneas de investigación futuras .....	26
6. CONCLUSIONES .....	27
AGRADECIMIENTOS .....	28
7. BIBLIOGRAFÍA .....	29
8. ANEXOS .....	32

## **ÍNDICE DE ABREVIATURAS**

- **(TA)** Tendón de aquiles
- **(UMT)** Unión músculo – tendinosa
- **(Ft)** Fuerza del tendón
- **(Lt)** Elongación del tendón / Desplazamiento UMT
- **(K)** Stiffness lineal tendinoso
- **(CIMV)** Contracciones isométricas máximas voluntarias
- **(MCH)** Membrana de cáscara de huevo
- **(GIH)** Grupo intervención huevo
- **(GC)** Grupo control

## **1. INTRODUCCIÓN / ANTECEDENTES / MARCO CONCEPTUAL**

Los tendones son estructuras formadas por fibras de colágeno, tenocitos (células productoras de colágeno), elastina, proteínas no-colagénicas (NCP), proteoglicanos, glucosaminoglicanos (GAG), metaloproteasas (MMP) y agua. Todos estos componentes forman una estructura organizada que posee propiedades viscoelásticas (1).

Entre sus funciones se encuentra transmitir la fuerza desde el músculo al hueso, actuando como un almacén de energía, permitiendo una estabilización, movimiento y función articular correctas (2). Funcionalmente los tendones no se comportan como uniones hueso-músculo rígidas, sino que tienen un comportamiento viscoelástico (3), mediante el cual, la deformación del tendón no sólo dependerá de la fuerza aplicada sobre él, sino del tiempo y de la velocidad de aplicación de dicha fuerza, logrando mayores deformaciones mediante fuerzas aplicadas durante mayor cantidad de tiempo y a mayores velocidades.

El tendón de aquiles (TA) es el tendón más largo y fuerte del cuerpo humano y une dinámicamente el calcáneo con el tríceps sural, siendo expuesto a elevadas fuerzas, tanto durante las actividades diarias como en el deporte de alto nivel (2).

El TA actúa como un elemento potenciador del momento de fuerza o 'torque' durante la marcha, los saltos y demás movimientos cíclicos mediante el mecanismo conocido como 'elastic energy recoil', gracias al cual el TA, y más concretamente la unión músculo-tendinosa con el tríceps sural (UMT), libera la energía elástica acumulada durante su elongación en forma de energía cinética, contribuyendo de esta manera al desarrollo del movimiento en cuestión. Contextualizando, el TA aporta hasta un 21 % del trabajo mecánico total durante el salto (1,3) y alrededor del 6 % del realizado en la marcha (4).

Se sabe que el TA soporta fuerzas de hasta 3.000 N durante contracciones isométricas máximas de los flexores plantares (3) y de hasta 4.000 N durante contracciones excéntricas del tríceps sural (5), incrementándose estos valores durante la carrera o los saltos hasta valores superiores a los 5.000 N (1). Asimismo, durante una contracción isométrica máxima de los flexores plantares, el tendón de aquiles soporta un estrés de 70 N/m<sup>2</sup> (6), incluso alcanzando los 110 N/m<sup>2</sup> durante la carrera, sobrepasando el límite máximo soportable por un tendón, cifrado en 100 N/m<sup>2</sup>. Este hecho, supone un factor de riesgo para el desarrollo de procesos tendinopáticos a largo plazo, incluso durante actividades de la vida cotidiana (3).

### **Lesiones del TA**

El tendón de aquiles, debido a las elevadas fuerzas y tensiones que soporta de manera repetida, es uno de los tendones que más frecuentemente presenta episodios de tendinopatía (tendinitis, tendinosis, ruptura tendinosa...), tanto en personas deportistas como en la población general inactiva. Cuantificándolo, se puede afirmar que en la población inactiva, 6 de cada 100 personas desarrollarán algún tipo de tendinopatía aquilea a lo largo de su vida (7).

En un estudio de la prevalencia de la tendinopatía aquilea en la población general realizado en Holanda sobre 57725 sujetos, se concluyó en que la tendinopatía del tendón de aquiles afecta a 2.35 de cada 1.000 adultos holandeses (21-60 años), sin diferencias significativas entre hombres y mujeres. En este estudio se observó también que la mayor prevalencia lesional se produce en la edad adulta (21-60 años), decreciendo esta en personas jóvenes y ancianas (8).

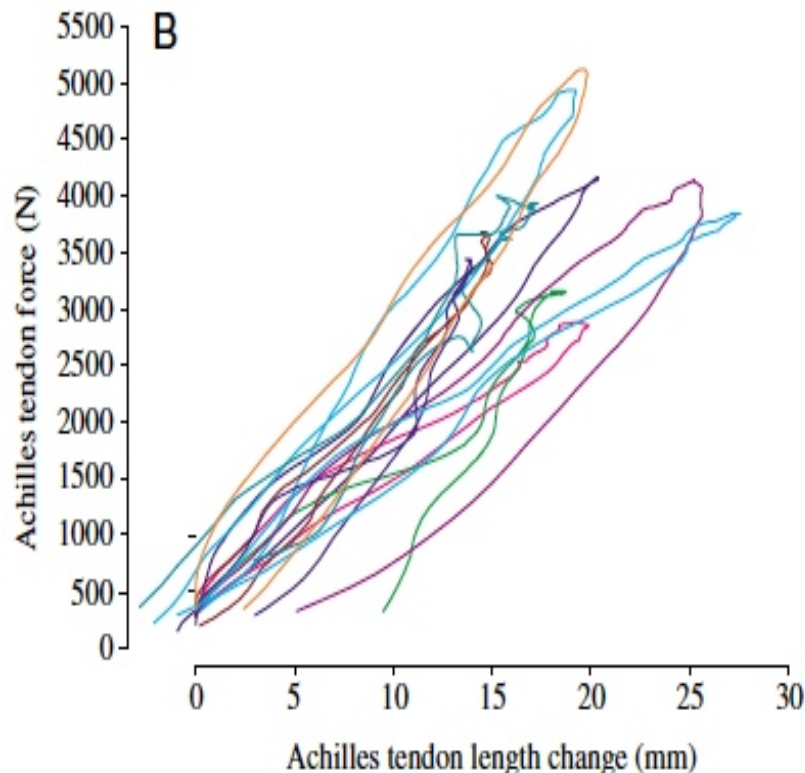
En los tendones que fisiológicamente se estiran y acortan de forma cíclica, como es el caso del tendón de aquiles, se produce una histéresis acumulativa (pérdida de energía elástica) de hasta el 35% (1), resultando en un aumento progresivo del daño sobre el tendón y predisponiéndolo a sufrir una ruptura o tendinopatía.

En el estudio de la patología del TA es determinante el análisis de los factores mecánicos que ayudan a explicar el comportamiento del tendón en relación a las fuerzas internas y externas que soporta. Una de las propiedades mecánicas más estudiadas es el stiffness lineal, cuya adaptación a la suplementación mediante membrana de cáscara de huevo (compuesto de glucosaminoglicanos) será estudiado en este trabajo de fin de grado.

### **Stiffness lineal tendinoso**

Para comprender el concepto de stiffness lineal tendinoso podemos decir que se entiende por stiffness (K) a la capacidad del tendón de oponerse al estiramiento y tensión producidos sobre él por la fuerza (Ft) generada durante la contracción muscular, en el caso del tendón de aquiles por el tríceps sural. Esta fuerza produce un desplazamiento (Dt) de la unión músculo – tendinosa (UMT) del tríceps sural y el tendón de aquiles, aumentando la complianza del tendón (Lt).

El stiffness del tendón se expresa como el cociente entre Ft y Dt, habiéndose demostrado en trabajos previos que la relación existente entre ambas variables es de tipo lineal hasta la elongación máxima, instantes previos a la última carga almacenada al fallo (1,6) (Figura 1).



**Figura 1** – Relación lineal entre fuerza y desplazamiento del TA (relativo a la longitud del tendón a 200 N). Adaptado de Lichtwark and Wilson 2005 (1).

El stiffness lineal y su modificación tienen importantes implicaciones funcionales para el complejo músculo-tendinoso correspondiente, en este caso el tendón de aquiles junto con el tríceps sural. A continuación se describirán brevemente algunas de estas implicaciones:

### **Disminución del stiffness lineal**

Por ejemplo, un tendón con disminución excesiva del stiffness (compliant) dificulta a los músculos la realización de un correcto control de la posición articular. Además, el sobreestiramiento del tendón conlleva a una sobrecontracción del músculo, lo cual produce un acortamiento extra de las sarcómeras del 12% y como resultado se desarrolla un 10% menos de fuerza contráctil (3).

Además, la disminución del stiffness lineal puede implicar una limitación del rendimiento músculo – tendinoso, ya que el tendón de aquiles no responde tan eficazmente acumulando y liberando energía durante el ejercicio (1).

### **Aumento del stiffness lineal**

En cambio, si nos fijamos en la situación contraria, vemos que es posible que el aumento del stiffness, acompañado de otras adaptaciones neuromusculares, reduzca la carga en el tendón dando lugar a una menor fuerza contráctil y a menores valores de tensión máxima y de repetición (9).

Una explicación para ello podría ser la siguiente: la activación muscular aumentaría el stiffness del tendón, y como consecuencia, incrementaría también la fuerza necesaria para elongarlo, reduciendo de esta forma la tensión y estiramiento del tendón y actuando como factor protector lesional (10).

Otro autor afirma que el aumento del stiffness lineal permite al músculo desarrollar mayores fuerzas en una posición de mayor estiramiento, actuando como elemento protector de lesiones (11).

Con todo ello, en la comunidad científica no está claro que niveles de stiffness tendinoso se pueden considerar como óptimos de cara a conseguir una mayor prevención de lesiones y rendimiento deportivo, ya que tanto el aumento y la disminución excesiva de esta variable mecánica limitan el rendimiento biomecánico, resultando en un tendón demasiado rígido y propenso a roturas o en un tendón excesivamente elástico que no realiza el acúmulo de energía elástica de forma eficiente, respectivamente.

### **Adaptaciones del stiffness en el tendón de aquiles**

Existen multitud de variables que afectan al stiffness tendinoso, modificándolo. Entre ellas se encuentran la cronicidad del ejercicio, el tipo de ejercicio, el envejecimiento y la suplementación exógena, siendo esta última el objetivo de estudio en el presente proyecto de investigación.



### **Adaptaciones al ejercicio agudo**

Hay evidencia científica acerca de la respuesta adaptativa inmediata del stiffness lineal a la realización de ejercicio agudo, tanto si este es de tipo isométrico como excéntrico.

Kay AD et al. reportaron que tras 6 contracciones isométricas máximas voluntarias (CIMV) de los flexores plantares se produce una reducción del 10 % ( $p < 0.01$ ) en el stiffness del TA (12). De acuerdo con lo anterior, otro estudio muestra que tras 50 contracciones isométricas máximas voluntarias (CIMV) se produce una disminución del 26.6% ( $p=0.01$ ) en el stiffness lineal (13). En la misma línea, un estudio reciente de 2015 afirma que, tras la realización de un protocolo de 4 CIMV se observa una disminución del stiffness del tendón de aquiles de entre un 17% y un 20% ( $p < 0.05$ ) (14).

En cambio, en un estudio de 2008 realizado por Mademli L et al., en el cual los sujetos realizaban una contracción isométrica submáxima al 40% (CIMV 40%) durante 5 segundos, no obtuvieron diferencias significativas a nivel del stiffness del TA, pudiéndose deber al carácter submáximo de la contracción (15).

Respecto al ejercicio agudo de tipo excéntrico, en un estudio en el que se realizó el ejercicio 'Heel-Drop From a Block' (caída del talón desde un banco) durante 150 repeticiones, documentaron un aumento significativo del stiffness del TA del 36% ( $p < 0.05$ ) (11), aunque esta afirmación no es respaldada por gran parte de la literatura científica. Otra publicación reporta que, tras 3x15 repeticiones del ejercicio 'Heel-Drop' excéntrico no se producen cambios significativos en el stiffness del TA ( $p = 0.5$ ) (16).

### **Adaptaciones al ejercicio crónico**

Estudios previos, que examinaron el efecto del ejercicio realizado de forma crónica sobre las propiedades mecánicas del tendón de aquiles, han demostrado que existe un incremento significativo del stiffness lineal producido tras la realización de ejercicio isométrico durante 12-14 semanas, con incrementos del 57.3%, 36% y 16% respectivamente (17–19). Contrariamente, en un estudio de Mahieu NN et al. de 2008, se observó que tras la realización crónica de ejercicio excéntrico durante 6 semanas no se producen cambios significativos en el stiffness lineal (20), mientras otro estudio afirma que tras 14 semanas se observa una disminución del 5.4% ( $P=0.006$ ) (21).

### **Adaptaciones durante el envejecimiento**

En referencia al envejecimiento, un estudio afirma que durante el paso de la niñez (5 – 12 años) a la edad adulta, hay un aumento significativo del stiffness del TA como consecuencia del aumento de peso y de las mayores fuerzas que soporta el tendón (22). En cambio, en personas ancianas se ha observado una disminución del stiffness lineal de hasta el 17 % ( $p < 0.01$ ) respecto de las personas adultas (23,24) como consecuencia del proceso natural de envejecimiento, en el que existe una importante pérdida de agua a nivel global y los tendones pierden parte de sus propiedades viscoelásticas. Un estudio reciente afirma, a la luz de sus resultados, que el tendón de aquiles incrementa el área de sección transversal (AST) como respuesta a este proceso degenerativo y de disminución del stiffness tendinoso (23).

Como se puede apreciar, hay multitud de trabajos previos que estudian los efectos del ejercicio en el stiffness lineal. Existe también evidencia de que el paso del tiempo genera cambios y adaptaciones en esta propiedad mecánica. Sin embargo, los estudios acerca de los efectos de la suplementación en la biomecánica del tendón son escasos, como se muestra en el próximo apartado. Por eso el presente trabajo de fin de grado busca ampliar el conocimiento sobre las adaptaciones que se producen en esta estructura tras la suplementación, en este caso, mediante membrana de cáscara de huevo.

### **Adaptaciones mediante suplementación**

En una investigación con ratas, se observó que al añadir a la dieta un 3% (30 g/kg) de glicina y lisina, ambos aminoácidos, el stiffness lineal del tendón de la cola aumentó significativamente (63.90 MPa) respecto de las ratas alimentadas con dieta estándar (25.41 MPa) (25).

En otro estudio con ratas, se analizaron las propiedades biomecánicas del tendón supraespinoso bajo condiciones de déficit de vitamina D, mediante una dieta baja en vitamina D y restricción de luz ultravioleta (sintetizadora de vitamina D). Los resultados mostraron que no existieron diferencias significativas en el stiffness lineal entre el grupo control y el experimental (14.8 N/mm vs 13.3 N/mm, respectivamente). Adicionalmente, no se encontró correlación entre los niveles de vitamina D y el stiffness (26).

En un estudio realizado en humanos se ha demostrado que tras tomar creatina a razón de 10 g/día durante una semana y 20 g/día las dos semanas siguientes, el stiffness del TA no se ve modificado respecto del grupo control (27).

En referencia a la suplementación mediante hormona de crecimiento, se llevó a cabo un estudio en el que los sujetos (humanos), tras permanecer 2 semanas con una férula de inmovilización desde tobillo a rodilla, realizaban 6 semanas de entrenamiento de fuerza combinado con dosis de 50 µg/kg/día de hormona de crecimiento. Los resultados mostraron que, en el grupo control, el stiffness del tendón patelar disminuyó durante la inmovilización y volvió a valores de 'baseline' con el entrenamiento. En cambio, en el grupo intervención se observó un mantenimiento del stiffness del tendón patelar durante el periodo de inmovilización y un aumento significativo tras las 6 semanas de entrenamiento del 22.4% ( $p < 0.05$ ) (28).

### **Suplementación con membrana de cáscara de huevo**

La membrana de cáscara de huevo es un compuesto natural de colágeno tipo I, proteínas y glucosaminoglicanos (constituyentes de los proteoglicanos), que son esenciales en la estructura del tendón y del cartílago.

Ruff et al. (2009) observaron que tras 30 días de suplementación la flexibilidad aumenta alrededor de un 44% ( $p = 0.006$ ), la rigidez articular disminuye y el dolor se atenúa en un 73% aproximadamente ( $p = 0.007$ ). Además, casi la mitad de los sujetos (47%) declararon no padecer dolor (0/10 en escala Likert) tras la intervención (29).

En otro estudio del mismo autor, en el que se administraba membrana de cáscara de huevo (500 mg diarios) durante 8 semanas, los sujetos experimentaron a los 10 días una disminución del 15% y 12% del dolor y la rigidez, respectivamente. Al finalizar la

intervención (60 días) la rigidez disminuyó aproximadamente un 27%, mientras que no se incrementó la disminución del dolor (30).

Otro estudio muestra que mediante esta suplementación, a razón de 500 mg diarios durante 60 días, los sujetos experimentaron una mejora estadísticamente significativa del 14% en la puntuación sobre el dolor de forma rápida (10 días), aumentando hasta valores cercanos al 35% al concluir el periodo de seguimiento (60 días) ( $p<0.05$ ). Se observó también una reducción significativa de la rigidez articular del 29% ( $p<0.05$ ). Asimismo, más del 59% de los sujetos calificaron la eficacia de la membrana de cáscara de huevo como buena o muy buena tras los 60 días de suplementación (31).

En un estudio reciente de Jensen et al. (2015) se observó que el dolor de espalda baja en aquellos sujetos físicamente activos se redujo significativamente un 49% en el grupo intervención tras 5 días de tratamiento ( $p<0.05$ ) comparado con una reducción del 23% en los que tomaron placebo. Asimismo, esta reducción se mantuvo significativa durante toda la intervención (4 semanas). En sujetos sedentarios también se observó una disminución del dolor (43%) respecto del grupo control (23%), aunque mantenida solo hasta la segunda semana. En ambos casos, la mayor reducción del dolor se produce en los primeros 5 días (32).

Es importante resaltar que, actualmente, el mecanismo de acción de la membrana de cáscara de huevo como suplementación ha sido estudiado únicamente mediante variables de dolor, rigidez y funcionalidad, las cuales son recogidas mediante escalas subjetivas y el efecto placebo sobre dichas variables se estima en un 60%, según dos publicaciones recientes (33,34). Es por ello por lo que medir variables directas del comportamiento del tendón podría suponer un nuevo avance en el conocimiento del mecanismo de acción de este tipo de suplementación, como se expondrá en el 'Case report' llevado a cabo como parte de este trabajo fin de grado.

## **2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS**

### **2.1 Hipótesis**

La hipótesis de este estudio de investigación es que los sujetos pertenecientes al grupo intervención huevo (GIH) reportarán resultados favorables en términos de variables subjetivas recogidas mediante cuestionarios habituales y variables mecánicas del tendón, respecto de los sujetos del grupo control (GC) tras los 50 días de administración de las cápsulas de membrana de huevo.

### **2.2 Objetivos**

#### **Objetivo principal**

Examinar los efectos de la suplementación mediante membrana de cáscara de huevo sobre el dolor, rigidez articular y funcionalidad en varones que practican de forma continuada ejercicio de alta intensidad ('Crossfit').

Mediante un 'Case report', examinar el efecto de la suplementación mediante membrana de cáscara de huevo sobre el stiffness lineal del tendón de aquiles en varones que practican de forma continuada ejercicio de alta intensidad ('Crossfit').

### 3. METODOLOGÍA Y MATERIALES

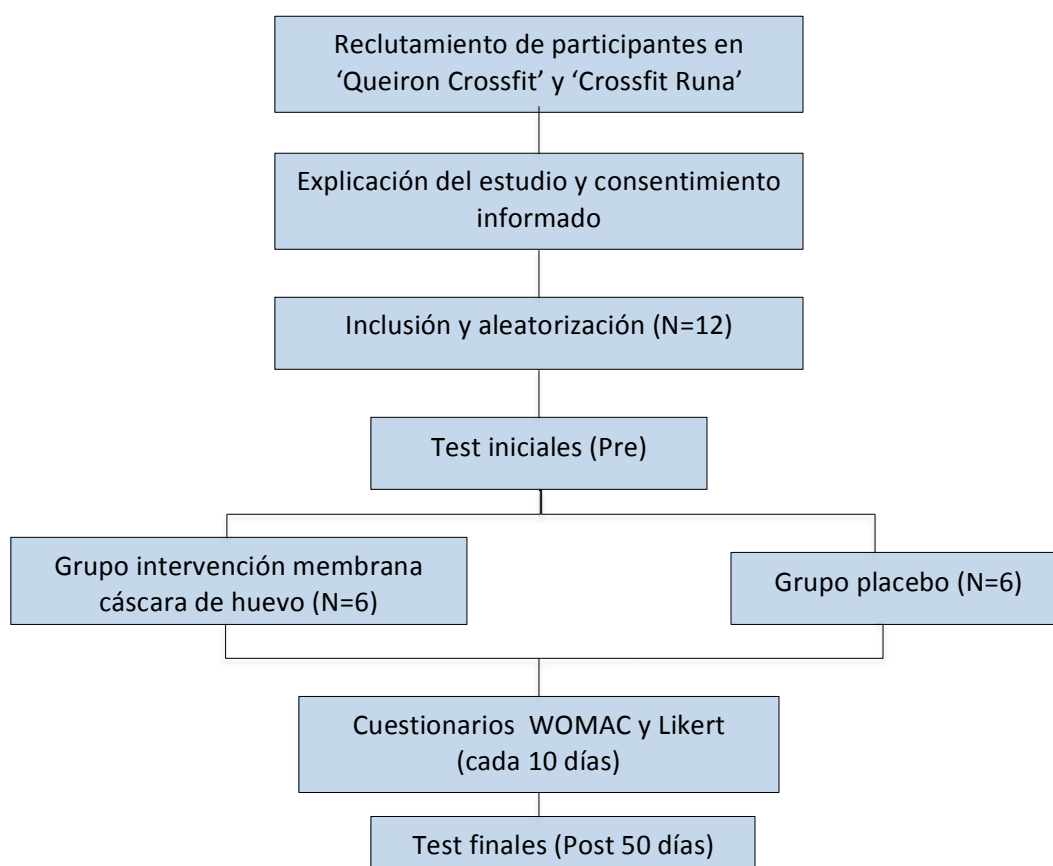
#### 3.1 Diseño experimental

Se trata de un estudio experimental controlado y aleatorizado en el que se estudiarán los efectos producidos sobre variables subjetivas de dolor, rigidez y funcionalidad de la extremidad inferior, recogidas mediante escalas cuantitativas previamente validadas, tras la suplementación con membrana de cáscara de huevo (MCH) (OVOMET Health, Eggnovo S.L., Spain) durante 50 días, en una población de deportistas de 'Crossfit'. Paralelamente se realiza una experiencia pionera 'case report' a propósito de 2 casos para examinar el efecto de la suplementación con MCH en el stiffness lineal del tendón de aquiles.

El diagrama de flujo del proyecto se muestra a continuación (*Figura 2*). Tras firmar el formulario de consentimiento informado, los sujetos fueron asignados de forma aleatoria (como se explica posteriormente) al grupo intervención o control.

Los sujetos e investigadores fueron cegados de cara al tratamiento hasta la finalización del estudio. El tratamiento consistió en una toma de 300 mg diarios de membrana de cáscara de huevo (OVOMET Health, Eggnovo S.L., Spain) o placebo mediante cápsulas que fueron almacenadas en contenedores cerrados a temperatura ambiente.

El estudio se realizó en las instalaciones de la Universidad Pública de Navarra en Tudela, Crossfit Queiron Navarra, Crossfit Runa y en la Biblioteca del Centro de Estudios, Investigación y Medicina del Deporte (CEIMD).



**Figura 2** – Diagrama de flujo del protocolo del proyecto de investigación.

### 3.2 Sujetos

Este proyecto de trabajo de fin de grado fue desarrollado respetando la Carta de Helsinki para experimentación con seres humanos y aprobado por el Comité de Ética, Experimentación Animal y Bioseguridad de la Universidad Pública de Navarra (véase *anexo 1*).

Para este estudio se contó con un total de 12 sujetos, todos varones, con las siguientes características antropométricas:

**Tabla 1** – Valores medios (media  $\pm$  desviación estándar) de las características antropométricas de los sujetos participantes en el estudio.

	MEDIA	DESVIACIÓN ESTANDAR
EDAD	33.00	$\pm$ 8.496
TALLA	177.11	$\pm$ 7.604
PESO	86.91	$\pm$ 17.23
IMC	27.5	$\pm$ 3.559

Los criterios de selección de sujetos que se establecieron para este estudio fueron:

#### Criterios de inclusión:

- No alérgico al huevo
- Dolor en escala Likert (0-10) mayor o igual a 2.
- En fase estable de entrenamiento (controlado con diarios de entrenamiento).
- Periodo de lavado consistente en:
  - 14 días para anti-inflamatorios no esteroideos (AINES).
  - 7 días para narcóticos.
  - 90 días para esteroideos inyectados.
  - 90 días para glucosamina, condroitina y methylsulfonymethane.

#### Criterios de exclusión:

- Sujeto lesionado.
- Edad superior a 45 años.
- Edad inferior a 20 años.

Los sujetos (N = 12) cumplieron los criterios de inclusión y exclusión. Un sujeto abandonó el estudio en el transcurso de los 50 días, por lo que la muestra finalmente fue de (N=11).

Previamente al inicio de la participación en el proyecto de investigación, los sujetos recibieron toda la información relacionada con el estudio y posteriormente firmaron el consentimiento informado (véase *anexo 2*), de forma libre y voluntaria para poder participar como sujetos en el estudio llevado a cabo. Esta información se facilitó de forma individualizada a cada sujeto (véase *anexo 3*), resolviéndose las dudas surgidas acerca del estudio de investigación.

### **3.2.1 Grupos experimentales**

Se establecen de forma aleatoria y con el sistema de doble ciego dos grupos de sujetos (N = 12) mediante un software computarizado de aleatorización.

#### **3.2.1.1. Grupo intervención huevo (GIH)**

Al GIH se le administra 300 mg diarios de membrana de cáscara de huevo (OVOMET Health, Eggnovo S.L., Spain) durante 50 días.

##### **3.2.1.1.1. Membrana de cáscara de huevo (MCH)**

La membrana de cáscara de huevo es un ingrediente natural obtenido de la membrana interna que cubre la cáscara del huevo. Esta posee una composición única a base de glucosaminoglicanos y proteínas que resultan esenciales para un correcto funcionamiento articular, tendinoso y cartilaginoso.

Las cápsulas Eggnovo OVOMET utilizadas en este estudio tienen la siguiente composición y posología:

- Ácido hialurónico > 4%
- Colágeno > 25%
- Sulfato de condroitina > 5%
- Glucosamina > 2%
- Sulfato dermatán > 1%
- Sulfato keratán > 1%
- Lisozimas > 1%

#### **3.2.1.2 Grupo control (GC)**

Al GC se le administra 300 mg diarios de placebo (excipientes) durante 50 días.

### **3.3 Mediciones y procedimientos experimentales**

Se realizaron las siguientes mediciones antes y después de la administración de las cápsulas, con un lapso de tiempo de 50 días entre ambas.

#### **3.3.1. Altura y peso**

El peso y la altura fueron medidas mediante una balanza con tallímetro.

#### **3.3.2. Cuestionario de dolor y rigidez 'WOMAC'**

El cuestionario WOMAC 'Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index (WOMAC)' son una serie de cuestionarios estandarizados ampliamente utilizados por profesionales de la salud para evaluar el estado de los pacientes con osteoartritis; incluyendo dolor, rigidez y funcionalidad de las articulaciones.

El cuestionario WOMAC mide 5 apartados de dolor (puntuación 0-20), 2 de rigidez (puntuación 0-8) y 17 de limitación funcional (puntuación 0-68) referentes a la extremidad inferior (*véase anexo 4*).

Cuanta menor puntuación se obtenga en los diferentes apartados mejor será la situación del sujeto en referencia al dolor, rigidez y funcionalidad.

Los sujetos realizan el cuestionario 'WOMAC' cada 10 días desde el comienzo de la intervención, hasta su finalización (50 días).

### **3.3.3. Escala de dolor 'Likert'**

El 'Likert' es un escala visual del dolor, la cual permite al sujeto puntuar el dolor general que padece desde 0 (sin dolor) hasta 10 (máximo dolor) (*véase anexo 5*).

Los sujetos rellenan la escala 'Likert' cada 10 días desde el comienzo de la intervención, hasta su finalización (50 días).

### **'Case report' – Stiffness del TA**

La realización del 'Case report' tiene el objetivo de examinar, mediante ecografía, el efecto de la suplementación con MCH en el stiffness lineal del TA. Actualmente, esta suplementación solo se ha evaluado mediante escalas de valoración subjetiva, por lo que la medición del stiffness como variable directa del comportamiento del tendón puede suponer un nuevo avance en el conocimiento del mecanismo de acción de esta suplementación.

En este 'Case report' se cuenta con una muestra de ( $N = 2$ ), ya que es una experiencia pionera que puede permitir establecer líneas de investigación futuras.

Resulta de gran importancia señalar el menor costo económico que supone el sistema de medida adoptado en este estudio respecto del utilizado en otras investigaciones en las que la inversión en materiales de medida es significativamente más elevada.

Se ha demostrado la fiabilidad de esta metodología de medición en estudios pilotos previos con valores de ICC  $> 0.9$  y CV  $< 10\%$  (Setuain y cols, datos no publicados).

### **3.3.4. Mediciones en el TA ('Case report')**

Los sujetos fueron colocados en posición de decúbito prono con los pies sobresaliendo por fuera de la camilla, existiendo una distancia de 10 cm desde el borde de la camilla hasta la interlinea articular de la articulación tibioperoneoastragalina del miembro inferior a explorar, que en el caso de este estudio fue el miembro dominante. La otra pierna queda relajada sobre la camilla.

Se lleva a cabo la fijación de ambas piernas a la camilla mediante una cincha colocada distalmente al hueso poplíteo, a 5 cm de distancia, sobre la musculatura del tríceps sural y rodeando a la camilla. Asimismo, se fija la articulación del tobillo en una posición de 90° de flexión dorsal mediante 'tape' rígido, desde la cabeza de los metatarsos hasta una de las barras transversales que forman la estructura de la camilla. Ambas fijaciones se realizan con el objetivo de disminuir el movimiento angular de la rodilla y el tobillo durante la medición, pues esta se realiza mediante una contracción en modo isométrico (*Figura 3*).





**Figura 3** – Colocación del sujeto, fijaciones y dinamómetro manual en el test.

En la posición anterior, el examinador sitúa el dinamómetro manual (wireless microFET3, HOGGAN Scientific, USA) sobre la cabeza del 1<sup>er</sup> hueso metatarsiano del pie a explorar (Figura 3).

Durante el test se le pide al sujeto que realice una flexión plantar contra el dinamómetro hasta que el examinador le indique que debe mantener el nivel de fuerza que esté realizando en ese momento, siempre manteniendo la isometría debido a la resistencia que ofrece el examinador. El valor de fuerza que se busca alcanzar para el mantenimiento de la contracción es de 100 N (+/- 5 N), de esta forma normalizamos la muestra de sujetos respecto de la fuerza muscular desarrollada. Se instruyó a los sujetos para que realizaran las contracciones con mínimas co – contracciones.

Este proceso se realiza una vez por cada sujeto antes de la medición real, a modo de toma de contacto y familiarización con el método. Durante el test se realizan 3 repeticiones válidas por cada sujeto.

Simultáneamente se realizó una prueba ecográfica (MyLab™Gamma, Esaote Biomédica, Italy), situando la sonda ecográfica (7.5 MHz, Esaote Biomédica, Italy) sobre la UMT del músculo sóleo y tendón de aquiles de la pierna dominante, en la que se graba en vídeo el desplazamiento de la UMT para su análisis posterior.

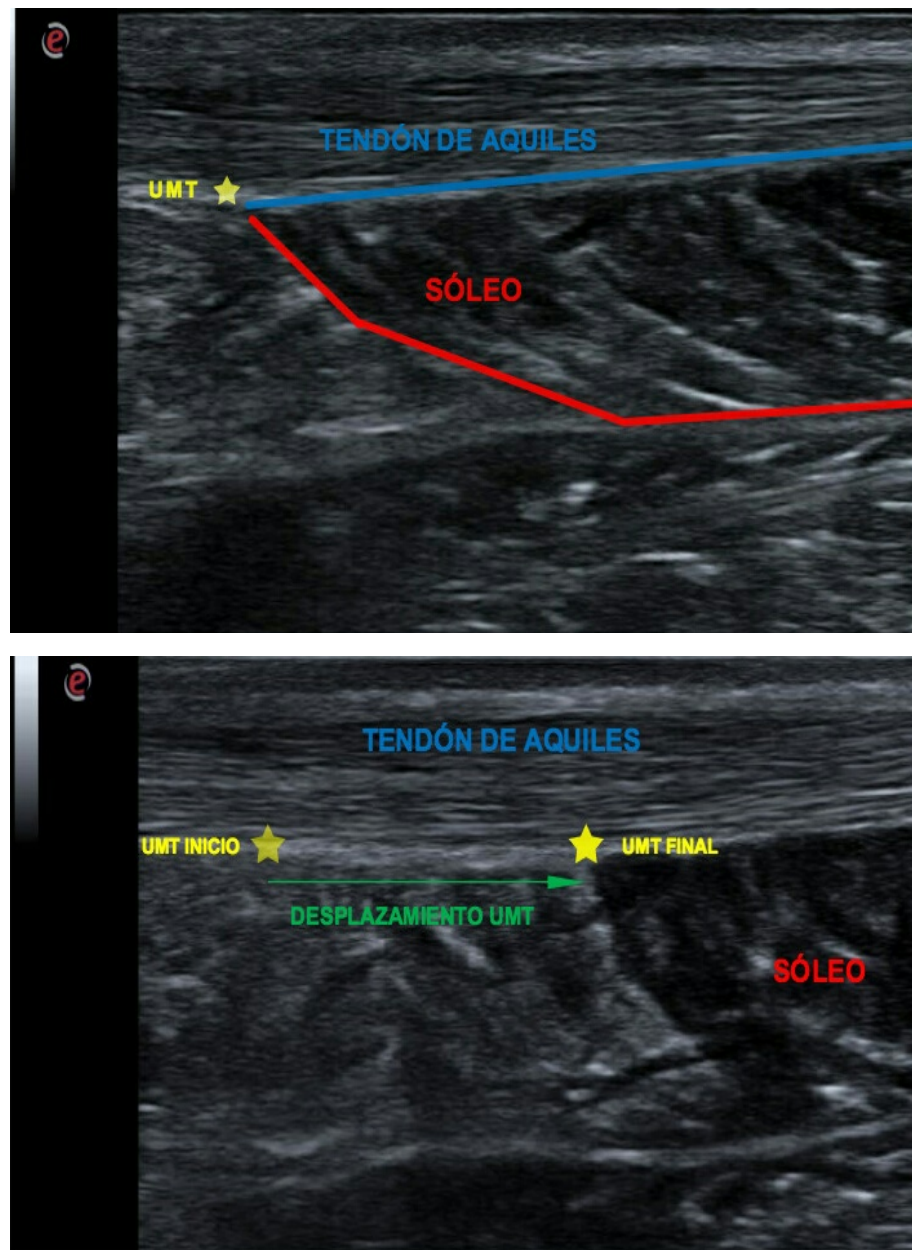
#### **3.3.4.1. Fuerza del TA**

La fuerza del tendón (Ft) se obtuvo calculando la media aritmética de las medidas de fuerza normalizada a 100 N, obtenidas en la prueba de medición mediante contracciones isométricas con el dinamómetro manual.

#### **3.3.4.2. Longitud y desplazamiento del TA**

La longitud del tendón de aquiles se calculó como la distancia bidimensional entre la inserción del tendón de aquiles en la porción más proximal del hueso calcáneo y la UMT con el músculo sóleo, medida sobre la imagen obtenida mediante ecografía.

El desplazamiento lineal o excursión de la UMT ( $L_t$ ) se obtuvo como la diferencia de valor entre la longitud inicial y máxima o final del TA durante cada contracción isométrica del test, analizada sobre la grabación de vídeo del ecógrafo (*Figura 4*).



**Figura 4** – Medición del desplazamiento de la UMT sobre el vídeo de ecografía.

#### 3.3.4.3. Stiffness lineal TA

La relación entre la fuerza del tendón de aquiles ( $F_t$ ) y la elongación del tendón ( $L_t$ ) durante la fase ascendente se aplicó a una regresión lineal, la pendiente de la cuál es definida como stiffness ( $K$ ) mediante la formula:  $K = F_t / L_t$ .

### **3.3.5. Diseño estadístico**

El análisis estadístico se realizó utilizando el programa SPSS versión 21.0.

Se utilizaron los métodos estadísticos estándar correspondientes a las medias y desviación estándar (DE). Se evaluó si los datos de las escalas de valoración subjetiva, el desplazamiento de la UMT y fuerza del TA seguían una distribución normal mediante el test Shapiro Wilks, porque  $N < 30$  sujetos. En caso de distribución normal la comparación estadística se realiza mediante la prueba T de Student pareada para estudiar los efectos de la suplementación. Si alguna de las variables no tuviera una distribución normal, se realizan los test estadísticos no paramétricos de Wilcoxon. Un valor de alfa  $\alpha \leq 0.05$  fue asumido para establecer diferencias significativas.

### Cronograma TFG

[illegible]

#### 4. RESULTADOS

A lo largo de este apartado se mostrarán los resultados obtenidos de los 12 sujetos, referentes a las escalas de valoración subjetiva 'Likert' y 'Womac', y los resultados de los 2 sujetos del 'Case report' referentes al stiffness lineal del tendón de aquiles. A continuación se muestra el análisis descriptivo de la muestra de sujetos (*Tabla 2*):

**Tabla 2** – Análisis descriptivo y valores de repetitividad de la muestra de sujetos participantes en el estudio.

N = 12	MEDIA	DESV. TÍP.	INTERVALO DE CONFIANZA (95%)
EDAD	33.00	8.496	28.19 – 37.81
TALLA	177.11	7.604	172.81 – 181.41
PESO	86.91	17.23	77.16 – 96.66
IMC	27.5	3.559	25.51 – 29.54

Un total de (N = 1) sujetos abandonaron el estudio, por lo que la muestra fue de (N = 11).

Los resultados se muestran en 4 apartados: Resultados de la suplementación en las escalas de valoración subjetiva, resultados del 'Case report' de 2 sujetos en relación a la fuerza del TA y el desplazamiento de la UMT pre – post intervención y por último los resultados de la suplementación en el stiffness del TA en el 'Case report'.

##### 4.1 Resultados de escalas de valoración subjetiva

A continuación se muestran los resultados obtenidos en las escalas de valoración subjetiva (Likert y Womac) tras el periodo de suplementación con membrana de cáscara de huevo (MCH) durante 50 días.

##### 4.2.1. Escala Likert

Los resultados mostraron una reducción significativa del dolor del 36 % ( $4.7 \pm 1.7 - 2.5 \pm 2.0$ ) a nivel muestral tras 50 días de intervención ( $p < 0.05$ ).

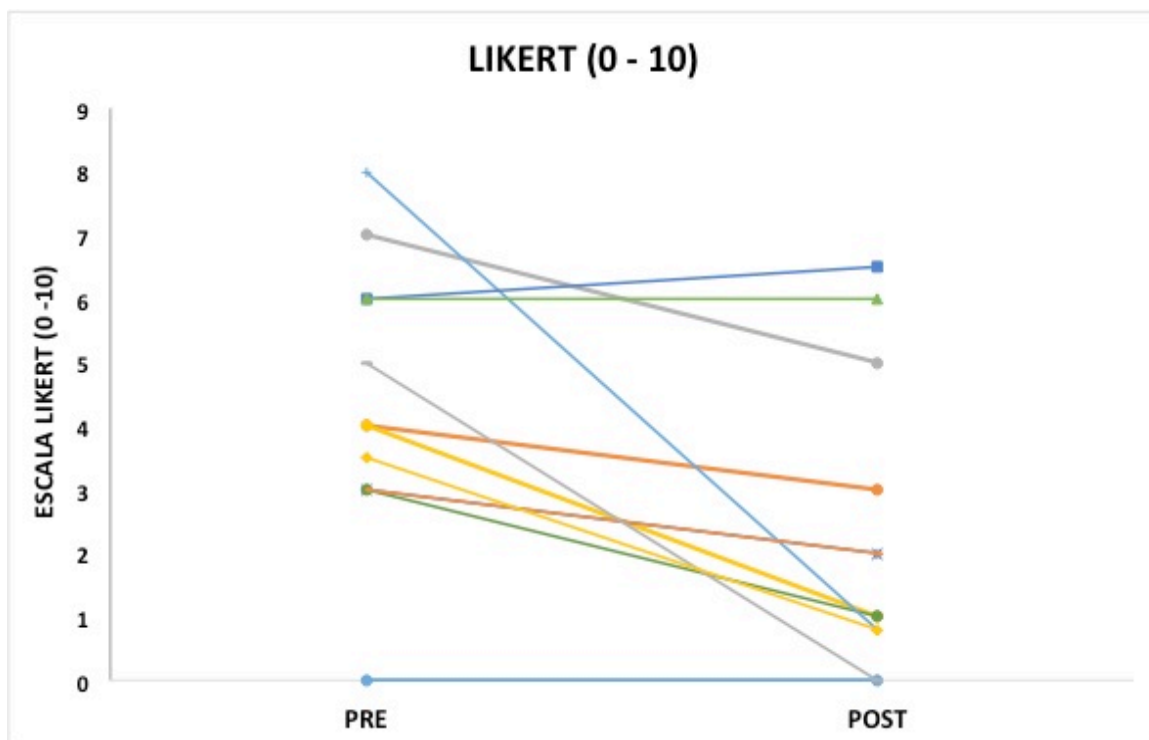
La reducción del dolor es significativamente mayor en el GC respecto del GIH, cuantificándose en un 68.4 % ( $4.3 \pm 2.0 - 0.9 \pm 0.6$ ) y un 29.7 % ( $5.1 \pm 1.4 - 3.7 \pm 2.5$ ), respectivamente ( $p < 0.05$ ).

La reducción del dolor en el GIH no resultó significativa ( $p > 0.05$ ), aunque se obtuvo un tamaño del efecto o 'size effect' de 0.67 mediante la medida 'D de Cohen', considerando al efecto de la suplementación como de moderada magnitud ( $d > 0.5$ ).

La reducción del dolor en el GC es estadísticamente significativa desde el día 40 ( $p < 0.05$ ), alcanzando su máxima reducción en el día 50.

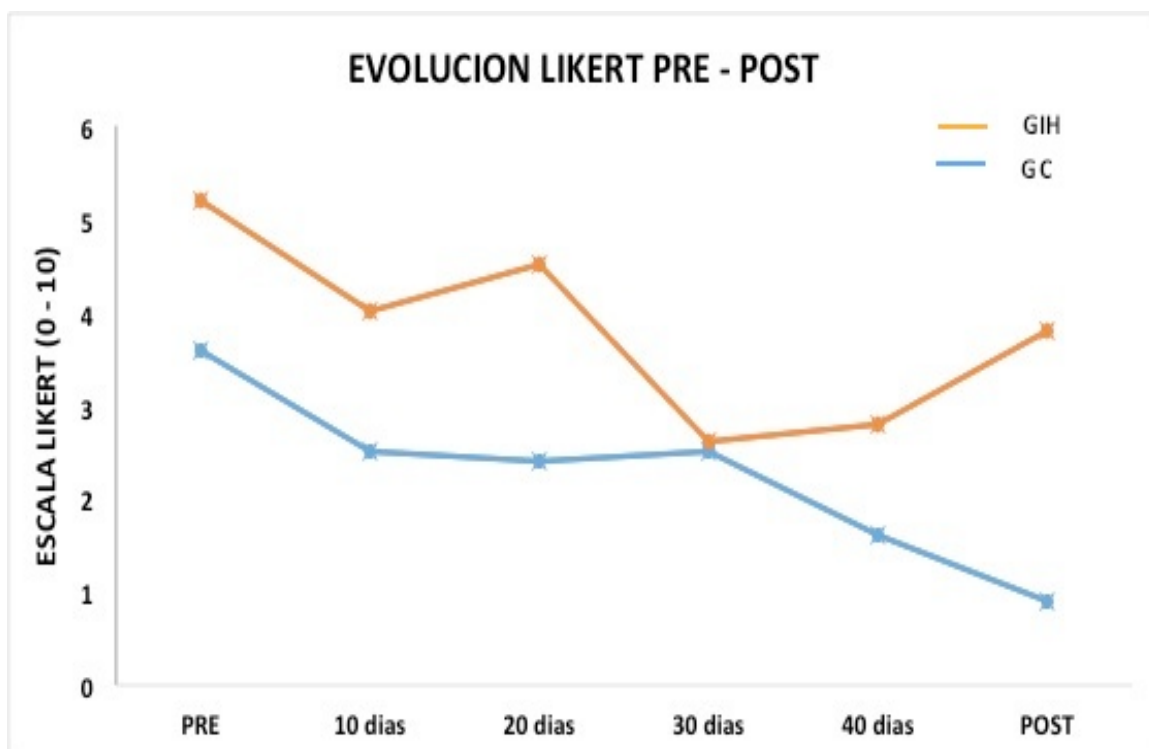
En definitiva, tras el periodo de intervención se produce una disminución del dolor, la cual es significativamente mayor en el GC desde el día 40, aunque el tamaño del efecto en el GIH es de magnitud moderada.

Los resultados de la escala Likert para cada sujeto se muestran en la siguiente gráfica (*Figura 5*):



**Figura 5** – Resultados de la escala Likert en cada sujeto.

A continuación se muestra la evolución de los resultados de la escala Likert en periodos de 10 días a lo largo de los 50 días de suplementación en el GC y GIH (*Figura 6*):



**Figura 6** – Evolución de los resultados de la escala Likert en GC y GIH.

#### 4.2.2. Escala Womac

Cabe destacar que la escala Womac valora el dolor articular, rigidez y funcionalidad mediante un cuestionario que rellena el sujeto (*véase anexo 4*).

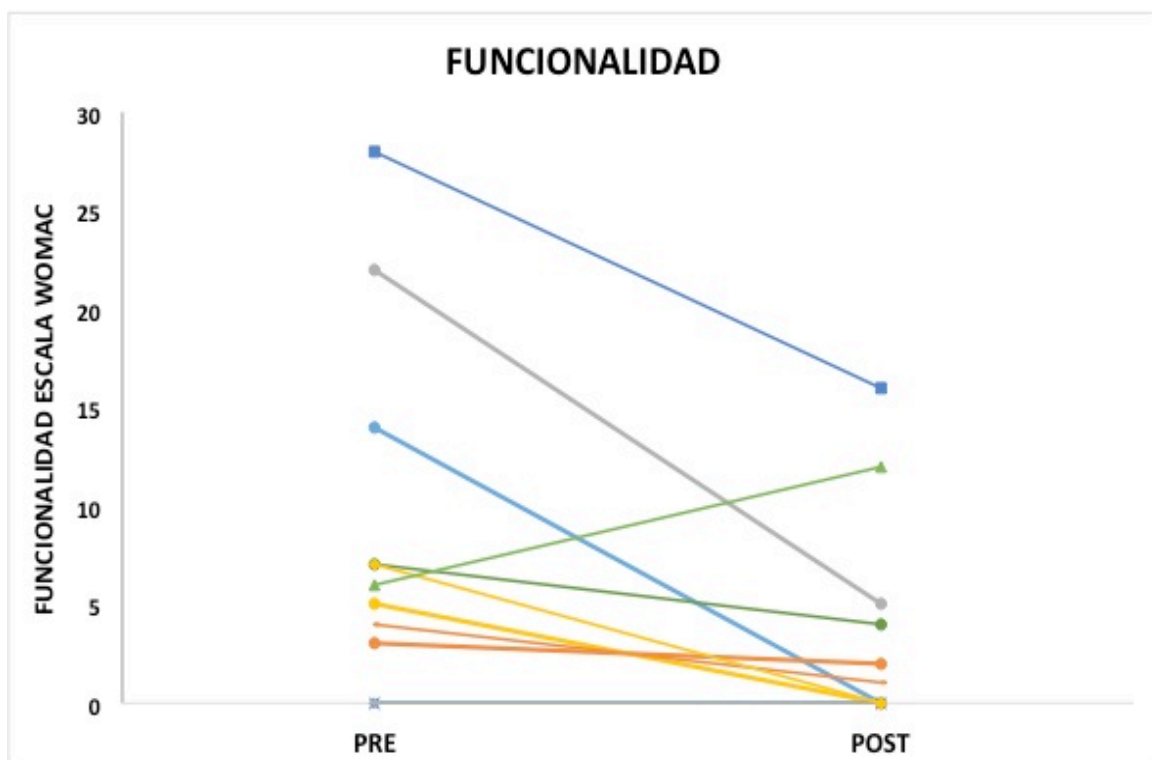
##### 4.2.2.1. Funcionalidad

Los resultados mostraron un aumento significativo de la funcionalidad del 63 % ( $9.6 \pm 8.0 - 4.0 \pm 5.6$ ) a nivel muestral ( $p < 0.05$ ), teniendo en cuenta que una menor puntuación se corresponde con una mayor funcionalidad.

El aumento de la funcionalidad es significativamente mayor en el GC respecto del GIH, siendo estos aumentos del 83.5 % ( $7.4 \pm 3.5 - 1.0 \pm 1.7$ ) y del 13.3 % ( $11.8 \pm 12.1 - 7.0 \pm 6.7$ ), respectivamente ( $p < 0.05$ ).

El aumento de funcionalidad en el GIH no resultó estadísticamente significativo ( $p > 0.05$ ), aunque se obtuvo un tamaño del efecto o 'size effect' de 0.51 mediante la medida 'D de Cohen', considerando al efecto de la suplementación como de moderada magnitud ( $d > 0.5$ ). Cabe destacar que en 'baseline' ya existían diferencias estadísticamente significativas respecto de la funcionalidad entre los grupos ( $p < 0.05$ ), aumentándose estas diferencias durante los 50 días de suplementación.

La evolución de la funcionalidad para cada sujeto se muestra en la siguiente gráfica (*Figura 7*):



**Figura 7** – Evolución de la funcionalidad en cada sujeto.

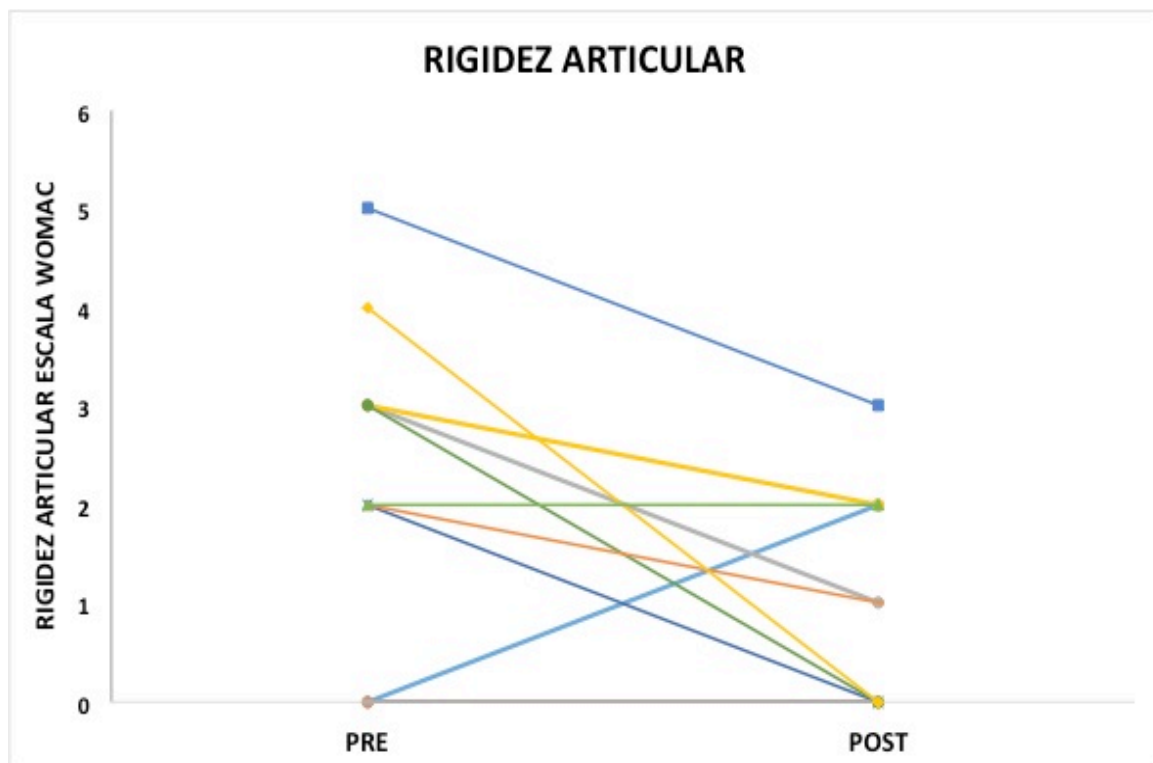
#### 4.2.2.2. Rigidez articular

Los resultados mostraron una reducción significativa de la rigidez articular del 61 % ( $3.0 \pm 1.0 - 1.13 \pm 1.1$ ) a nivel muestral tras el periodo de intervención ( $p < 0.05$ ).

No se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en el GC ni en el GIH tras los 50 días de suplementación, aunque el GIH disminuyó la rigidez un 51 % ( $3.0 \pm 1.4 - 1.5 \pm 1.2$ ) ( $p = 0.058$ ).

Se obtuvo un tamaño del efecto o 'size effect' de 1.11 mediante la medida 'D de Cohen', considerando al efecto de la suplementación como de alta magnitud ( $d > 0.8$ ).

La evolución de la rigidez articular para cada sujeto se muestra en la siguiente gráfica (*Figura 8*):



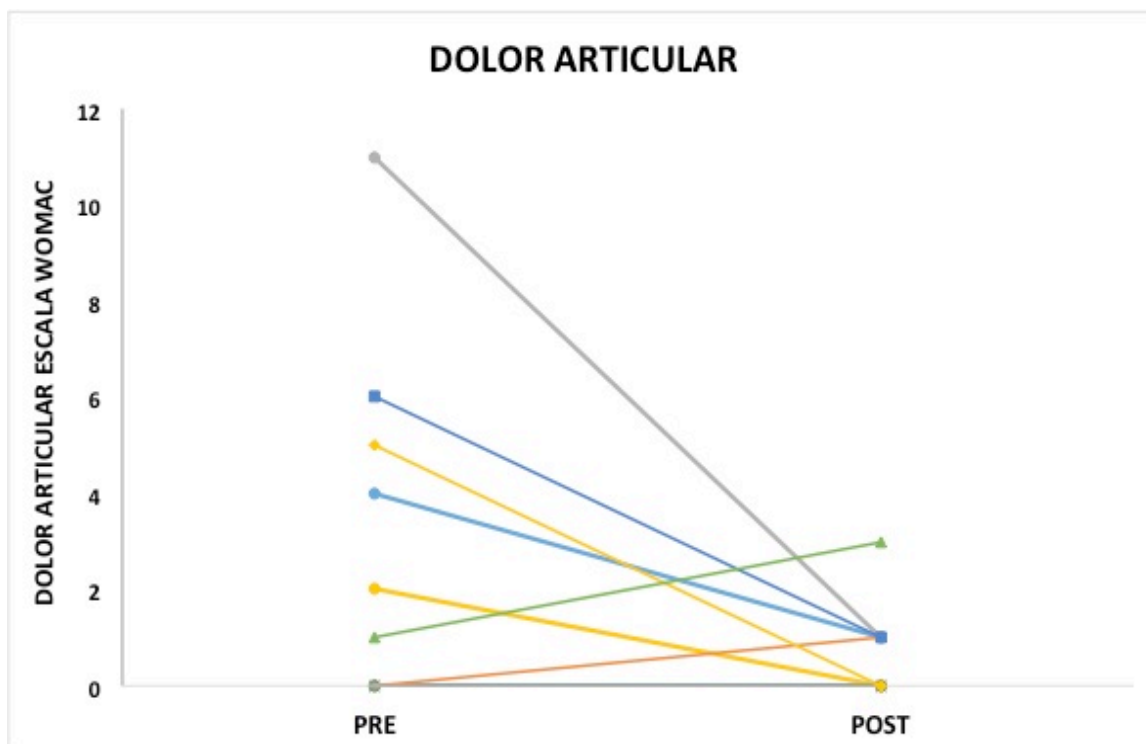
**Figura 8** – Evolución de la rigidez en cada sujeto.

#### 4.2.2.3. Dolor articular

Se produjo una disminución del dolor articular del 10 % en el GIH ( $6.0 \pm 5.0 - 1.6 \pm 1.1$ ), que no resultó estadísticamente significativa ( $p > 0.05$ ). El efecto placebo fue de un 90 %. Se obtuvo un tamaño del efecto o 'size effect' de 1.19 mediante la medida 'D de Cohen', considerando al efecto de la suplementación como de alta magnitud ( $d > 0.8$ ).

La evolución del dolor articular de los sujetos se muestra en la siguiente gráfica (*Figura 9*):





**Figura 9** – Evolución del dolor articular en cada sujeto.

Resulta importante destacar que la ausencia de significancia estadística en los resultados de las variables del GIH y su gran variabilidad se explica por el pequeño tamaño de la muestra y las limitaciones del presente trabajo fin de grado, el cual reporta importantes disminuciones en ambas variables sin ser estadísticamente significativas. El tamaño del efecto o 'size effect' para la rigidez y dolor articular obtenido mediante la medida 'D de Cohen' muestra unos valores de 1.11 y 1.19 respectivamente, superiores al valor de 0.8 que considera al efecto de la suplementación como de alta magnitud. Asimismo, el tamaño del efecto para la funcionalidad y dolor general es de moderada magnitud.

El GC obtiene mayores mejoras que el GIH en todas las variables, pudiéndose deber este hecho a la existencia de dos sujetos 'outliers' en el GC, a la subjetividad de los cuestionarios y a las limitaciones del estudio, en el que el tamaño de la muestra fue muy reducido y en el que varios sujetos no respondieron a los cuestionarios por diversos motivos. Además, la carga de entrenamientos varía entre sujetos, dependiendo de su calendario competitivo personal.

#### **4.2 Resultados de fuerza TA y desplazamiento UMT en 'Case report'**

En las siguientes tablas se muestran los valores de repetitividad intra – sujeto y totales de la muestra, obtenidos para las variables de fuerza del TA y desplazamiento de la UMT durante el test pre – intervención (*Tabla 3*) y post – intervención (*Tabla 4*).

Recordamos que esta experiencia piloto cuenta con 2 sujetos y sirve como aproximación al conocimiento de los efectos de esta suplementación sobre el stiffness lineal tendinoso.

**Tabla 3** – Valores de repetitividad intra-sujeto y totales de fuerza TA y desplazamiento UMT pre-intervención.

FUERZA TA (N)	DESV TIP	RANGO ICC 95%	DESPLAZAMIENTO UMT (mm)	DESV TIP	RANGO ICC 95%
100.0	1.00	98.9 – 101.1	163.3	2.89	160.1 – 166.6
100.5	4.50	95.4 – 105.6	210.0	10.00	198.7 – 221.3
<b>100.3</b>	<b>2.75</b>	<b>97.1 – 103.4</b>	<b>186.7</b>	<b>6.44</b>	<b>179.4 – 194</b>

**Tabla 4** – Valores de repetitividad intra-sujeto y totales de fuerza TA y desplazamiento UMT post-intervención.

FUERZA TA (N)	DESV TIP	RANGO ICC 95%	DESPLAZAMIENTO UMT (mm)	DESV TIP	RANGO ICC 95%
97.6	3.61	93.5 – 101.7	200.0	14.14	160.8 – 239.2
97.7	1.61	95.8 – 99.5	250.0	5.66	230.4 – 269.6
<b>97.6</b>	<b>2.61</b>	<b>94.7 – 100.6</b>	<b>225.0</b>	<b>21.21</b>	<b>195.6 – 254.4</b>

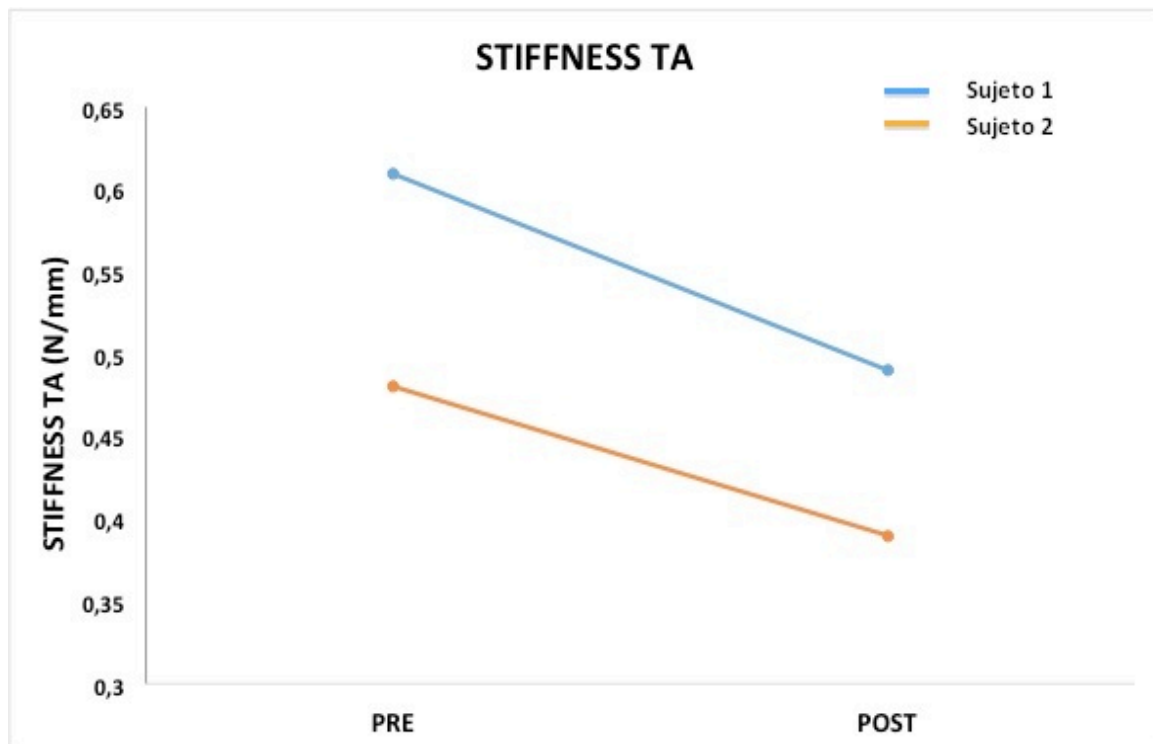
#### 4.3 Resultados de stiffness lineal TA en ‘Case report’

Como hemos indicado previamente, los resultados mostrados a continuación pertenecen a una experiencia piloto de 2 sujetos, que sirve como estudio pionero en el conocimiento del efecto de la suplementación con MCH sobre una variable mecánica del tendón, como es el stiffness lineal.

Tras los 50 días de suplementación se produjo una disminución media del stiffness lineal del TA del 19.2 % ( $0.54 \pm 0.09$  N/mm –  $0.44 \pm 0.07$  N/mm), aunque no resultó estadísticamente significativa ( $p = 0.09$ ).

En el primer sujeto el stiffness del TA disminuyó un 19.6 % ( $0.61$  N/mm –  $0.49$  N/mm) mientras que en el segundo sujeto disminuyó un 18.7 % ( $0.48$  N/mm –  $0.39$  N/mm), como se muestra en la siguiente gráfica (*Figura 10*).

Se obtuvo un tamaño del efecto o ‘size effect’ de 1.24 mediante la medida ‘D de Cohen’, considerando al efecto de la suplementación sobre el stiffness tendinoso como de alta magnitud ( $d > 0.8$ ).



**Figura 10** – Evolución del stiffness del TA.

## **5. DISCUSIÓN**

Este trabajo fin de grado tiene unas características diferenciales con respecto a la bibliografía publicada en el ámbito científico, ya que en lo que nosotros conocemos, no se ha encontrado un estudio en el que se haya realizado un análisis de variables mecánicas del tendón tras un periodo de suplementación con membrana de cáscara de huevo.

El objetivo de este trabajo de fin de grado fue examinar los efectos de la suplementación mediante membrana de cáscara de huevo sobre variables subjetivas, como el dolor, rigidez articular y funcionalidad.

Además, mediante un 'Case report', también se pretendía examinar los efectos de la suplementación con MCH a nivel del stiffness lineal del tendón de aquiles.

A continuación se exponen los resultados obtenidos de las escalas de valoración subjetiva y del stiffness tendinoso en comparación con aquellos resultados de otras investigaciones previas mediante suplementación con membrana de cáscara de huevo:

### **5.1 Escalas de valoración subjetiva**

#### **5.1.1. Escala 'Likert'**

En referencia a los resultados obtenidos en la escala 'Likert', el GIH disminuyó el dolor general un 29.7 %, con un tamaño del efecto moderado.

Se aprecian diferencias en la reducción del dolor en la escala 'Likert' respecto del estudio de Ruff et al. (2009) (29), en el que aproximadamente la mitad (47 %) de los 39 sujetos que tomaron la suplementación, 500 mg diarios, declararon no padecer dolor tras el periodo de intervención de 30 días. Las diferencias en reducción del dolor se pueden deber a que en el presente estudio se administran 300 mg diarios en vez de 500 mg. Cabe resaltar que los sujetos participantes eran mayores de 18 años y realizaron un periodo de lavado idéntico al de este proyecto.

Los resultados difieren también de los obtenidos por Jensen et al. (2015) (32), que documentaron una disminución del dolor de alrededor del 45 % en 22 sujetos activos físicamente. Esta disminución se mantuvo significativa durante las 4 semanas de intervención, aunque en este caso las dosis suministradas fueron de 450 mg diarios, a diferencia de los 300 mg utilizados en este proyecto. Además, la mayor reducción del dolor se produce en el 5º día, por lo que tal vez mayores dosis y durante un periodo de tiempo más reducido produzcan mayores efectos sobre el dolor.

La media de edad de los sujetos supera en 15 años a la del presente estudio, por lo que puede ser un condicionante a la hora de realizar comparaciones totalmente fiables.

### 5.1.2. Escala 'WOMAC'

En referencia a los resultados obtenidos en la escala 'Womac', tras el periodo de intervención se produjo un incremento de la funcionalidad del GIH del 13.3 %, con tamaño del efecto moderado.

Se produjo una disminución del 50 % de la rigidez articular en el GIH, con un tamaño del efecto alto.

En el GIH se produjo una disminución del dolor articular del 10 %, con un tamaño del efecto alto.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente estudio, Ruff et al. (2009) (29) obtuvieron una disminución significativa del 44 % en rigidez articular en el grupo intervención, en este caso tras 30 días de suplementación a razón de 500 mg diarios, en vez de los 50 días y 300 mg diarios del presente estudio.

Sin embargo, obtuvieron resultados diferentes a nuestro estudio respecto del dolor articular, ya que indican disminuciones de hasta el 73 % tras 30 días de tratamiento, en contraposición con los 50 días de los que consta este estudio. Por lo tanto, las diferencias en disminución del dolor pueden ser explicados por la mayor dosis de suplementación utilizada en ese estudio.

En otro trabajo del autor anterior se documentan mejoras similares en dolor articular a las del presente trabajo. En este caso, tras ingerir 500 mg diarios durante 60 días, reportan disminuciones del dolor articular del 15 %. En cambio, tan solo reportan mejoras del 27 % en rigidez articular, mientras que en el actual estudio, con dosis y duración de tratamiento menores, la reducción de rigidez es notablemente superior, del 50 % y con un tamaño del efecto alto. Asimismo, documentan un aumento de la funcionalidad del 13.5 %, muy similar al 13.3 % obtenido en el presente trabajo (30).

Danesch U. et al. (2014) (31) obtuvieron una disminución del dolor articular del 36 % tras 60 días tomando 500 mg diarios de suplementación, valores superiores a los reportados por el presente estudio, por lo que una vez mas la diferencia de dosis administrada podría explicar estas diferencias. Asimismo, obtuvieron una disminución del 30% en rigidez articular, la cual es notablemente inferior que la del presente trabajo.

Esta menor reducción de la rigidez, teniendo en cuenta que utilizaron mayores dosis y duración de tratamiento, puede ser debida a la diferencia de edad de las muestras y su consiguiente envejecimiento y senescencia, ya que en el estudio de Danesch U. et al (2014) la media de edad es de 67 años, mientras que en el presente estudio se sitúa en 33 años.

Sintetizando, a la luz de las diferencias y similitudes observadas entre nuestros resultados y los documentados por la bibliografía, tal vez se pueda conseguir mayor efecto de la suplementación aumentando la dosis en vez del tiempo de tratamiento, aunque todavía no se conoce que ocurriría con mayores dosis durante largos periodos de tiempo.

Como hemos indicado anteriormente, resulta importante destacar que la ausencia de significancia estadística en las mejoras obtenidas en las variables del GIH radica en el pequeño tamaño de la muestra y las limitaciones del presente trabajo, el cual reporta importantes disminuciones en ambas variables sin ser estadísticamente significativas. El tamaño del efecto o 'size effect' para la rigidez y dolor articular obtenido mediante la medida 'D de Cohen' muestra unos valores de 1.11 y 1.19 respectivamente, superiores al valor de 0.8 que considera al efecto de la suplementación como de alta magnitud. Asimismo, el tamaño del efecto para la funcionalidad y dolor general es de moderada magnitud.

## **5.2 Stiffness lineal TA 'Case report'**

En esta experiencia piloto se obtuvo una disminución del stiffness tendinoso del 19.2 % entre los dos sujetos que componían la muestra (N = 2). Uno de ellos reportó una disminución del 19.6 % y el otro del 18.7 %. Asimismo, el tamaño del efecto indicó que la suplementación con MCH tiene un efecto de alta magnitud, por lo que, a la luz de los datos, podemos afirmar que la suplementación consigue producir una ligera disminución en el stiffness tendinoso y por tanto una mayor elasticidad y menor rigidez del tendón.

Este estudio es el primero que analiza los efectos de la suplementación con MCH en el stiffness tendinoso y por tanto no es posible establecer comparaciones con la bibliografía.

En el futuro, con tamaños de muestra mayores, grupo control y utilizando diferentes dosis y/o tiempo de suplementación, podrán ampliarse los conocimientos sobre el comportamiento de este tipo de suplementación.

La información hallada en la bibliografía acerca de los efectos de la suplementación con membrana de cáscara de huevo se focaliza en aspectos como el dolor, la rigidez articular y la funcionalidad reportados mediante escalas de valoración subjetiva. Por ello, este proyecto resulta de gran interés, al ser pionero en el estudio directo de los efectos de este tipo de suplementación en relación al comportamiento mecánico del tendón.

Resulta de gran importancia señalar el menor costo económico que supone el sistema de medida adoptado en este estudio respecto del utilizado en otras investigaciones, en las que la inversión en materiales de medida es significativamente más elevada, habiéndose demostrado la fiabilidad de esta metodología de medición en estudios pilotos previos con valores de ICC > 0.9 y CV < 10% (Setuain y cols, datos no publicados).

### **5.3 Limitaciones del estudio**

Una de las principales limitaciones de este trabajo es la limitada dimensión de la muestra de sujetos (N=12). Por lo tanto, es difícil generalizar a toda la población de practicantes de crossfit los resultados obtenidos.

La edad de los sujetos era de 21-45 años, por lo que pocos de ellos llevan una vida estable actualmente.

‘Queiron navarra crossfit’ y ‘Crossfit Runa’ no son locales propios, por lo que no siempre disponemos de todo el material y a la hora de citar a los sujetos se depende de demasiadas personas ajenas al estudio.

No es posible testar en condiciones totalmente controladas (turnos de noche, cenas de empresa, entrenamientos muy duros el día anterior...).

El nivel y dureza de los entrenamientos depende del calendario de competición, con las consecuencias que ello acarrea sobre las variables obtenidas mediante escalas de valoración subjetiva.

Falta confirmar los prometedores resultados de la suplementación en el stiffness lineal mediante estudios con mayor muestra y grupo control.

### **5.4 Líneas de investigación futuras**

Esta experiencia piloto puede ser de utilidad para establecer líneas de investigación futuras, que permitan ampliar los conocimientos existentes sobre el mecanismo de acción de este tipo de suplementación a nivel del tendón.

Otro aspecto que resulta interesante es conocer si existe una relación entre la disminución de la rigidez percibida por el paciente, obtenida mediante las escalas de valoración subjetiva, y la rigidez o stiffness del tendón medida objetivamente y de forma directa mediante ecografía.

Asimismo, me parece interesante conocer qué relación existe entre el stiffness tendinoso y variables subjetivas como el dolor y la funcionalidad.

La relación entre los cambios adaptativos producidos en el stiffness lineal de una población con altas cargas de entrenamiento, como son los deportistas de crossfit, y de una población envejecida, como son los ancianos, también es otro frente de investigación que a mi parecer resulta apasionante.

## **6. CONCLUSIONES**

La membrana de cáscara de huevo, a razón de 300 mg diarios durante 50 días, produce efectos positivos sobre el dolor, la rigidez y funcionalidad articular en sujetos que realizan de forma continuada ejercicio de alta intensidad o 'crossfit'.

Las mejoras obtenidas en las escalas de valoración funcional subjetiva son similares a las obtenidas en otras investigaciones, utilizando en el presente proyecto menores dosis y periodo de suplementación.

Los resultados obtenidos en las escalas de valoración subjetiva no se corresponden con la hipótesis inicial, aunque sí que coincide en que se produce una disminución importante de los valores, con tamaños del efecto moderados y altos.

Se obtienen resultados prometedores respecto del stiffness lineal tendinoso, ya que se produce disminución del stiffness en el tendón de aquiles tras 50 días de suplementación con MCH.

Los resultados obtenidos respecto del stiffness tendinoso sí se corresponden con la hipótesis inicial, aunque se trata de una experiencia piloto que requiere desarrollo en el futuro.

El grupo control obtiene mayores mejoras que el grupo intervención en todas las variables, pudiéndose deber este hecho a la existencia de dos sujetos 'outliers' en el grupo control, al reducido tamaño de muestra utilizado y a las limitaciones del estudio.

Es necesario que se lleven a cabo más proyectos de investigación sobre este tema, con la finalidad de ahondar en el conocimiento de los mecanismos de acción de este tipo de suplementación en alteraciones tendinopáticas y articulares.



## **AGRADECIMIENTOS**

En estas líneas me gustaría expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que han hecho posible llevar a cabo este trabajo fin de grado:

A *Igor Setuain*, por haberme dado la posibilidad de realizar este trabajo bajo su tutorización, por haberme guiado durante todo el desarrollo del trabajo fin de grado y haberme permitido aprender tantísimo, por la paciencia que ha tenido conmigo y por supuesto por todas esas horas de Testing.

A *Mikel López, Ibai García e Iker Leoz*, por toda la ayuda que me han prestado cuando la he necesitado, y por todas las horas de Testing.

A '*Queiron Crossfit Navarra*' y '*Crossfit Runa*' por abrirnos las puertas y permitirnos llevar a cabo este proyecto.

A '*Eggnovo S.L. Spain*' por permitirnos llevar a cabo este proyecto.

A todo el personal del CEIMD que siempre me han ayudado cuando lo he necesitado.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

1. Lichtwark GA, Wilson AM. In vivo mechanical properties of the human Achilles tendon during one-legged hopping. *J Exp Biol.* 15 de diciembre de 2005;208(24):4715-25.
2. Joseph mf, lillie kr, bergeron dj, cota kc, yoon js, kraemer wj, et al. achilles tendon Biomechanics in response to acute intense exercise. *J Strength Cond res.* mayo de 2014;28(5):1181-6.
3. Maganaris CN, Narici MV, Almekinders LC, Maffulli N. Biomechanics of the Achilles tendon. *Disabil Rehabil.* 2008;30(20-22):1542-7.
4. Maganaris CN. Tensile properties of in vivo human tendinous tissue. *J Biomech.* agosto de 2002;35(8):1019-27.
5. Rees JD, Lichtwark GA, Wolman RL, Wilson AM. The mechanism for efficacy of eccentric loading in Achilles tendon injury; an in vivo study in humans. *Rheumatology.* 1 de octubre de 2008;47(10):1493-7.
6. Maganaris CN, Paul JP. In vivo human tendon mechanical properties. *J Physiol.* 15 de noviembre de 1999;521(Pt 1):307-13.
7. Achilles Tendinopathy. Treatment and Information [Internet]. Patient. [citado 12 de diciembre de 2015]. Recuperado a partir de: <http://patient.info/health/achilles-tendinopathy>
8. Jonge S de, Berg C van den, Vos RJ de, Heide HJL van der, Weir A, Verhaar JAN, et al. Incidence of midportion Achilles tendinopathy in the general population. *Br J Sports Med.* 2011;45:1026-8.
9. O'Neill S, Watson PJ, Barry S. Why are eccentric exercises effective for achilles tendinopathy? *Int J Sports Phys Ther.* agosto de 2015;10(4):552-62.
10. Sugisaki N, Kawakami Y, Kanehisa H, Fukunaga T. Effect of muscle contraction levels on the force-length relationship of the human Achilles tendon during lengthening of the triceps surae muscle-tendon unit. *J Biomech.* 28 de julio de 2011;44(11):2168-71.
11. Jeong S, Lee D-Y, Choi D-S, Lee H-D. Acute effect of heel-drop exercise with varying ranges of motion on the gastrocnemius aponeurosis-tendon's mechanical properties. *J Electromyogr Kinesiol.* junio de 2014;24(3):375-9.
12. Kay AD, Blazeovich AJ. Isometric contractions reduce plantar flexor moment, Achilles tendon stiffness, and neuromuscular activity but remove the subsequent effects of stretch. *J Appl Physiol.* 1 de octubre de 2009;107(4):1181-9.
13. Kubo K, Kanehisa H, Fukunaga T. Effects of transient muscle contractions and stretching on the tendon structures in vivo. *Acta Physiol Scand.* junio de 2002;175(2):157-64.
14. Kay AD, Husbands-Beasley J, Blazeovich AJ. Effects of Contract-Relax, Static Stretching, and Isometric Contractions on Muscle-Tendon Mechanics. *Med Sci Sports Exerc.* octubre de 2015;47(10):2181-90.
15. Mademli L, Arampatzis A. Mechanical and morphological properties of the triceps surae muscle-tendon unit in old and young adults and their interaction with a submaximal fatiguing contraction. *J Electromyogr Kinesiol.* febrero de 2008;18(1):89-98.
16. Obst SJ, Newsham-West R, Barrett RS. Changes in Achilles tendon mechanical properties following eccentric heel drop exercise are specific to the free tendon. *Scand J Med Sci Sports.* 1 de mayo de 2015.
17. Kubo K, Kanehisa H, Ito M, Fukunaga T. Effects of isometric training on the elasticity of human tendon structures in vivo. *J Appl Physiol.* 1 de julio de 2001;91(1):26-32.

18. Arampatzis A, Karamanidis K, Albracht K. Adaptational responses of the human Achilles tendon by modulation of the applied cyclic strain magnitude. *J Exp Biol.* 1 de agosto de 2007;210(15):2743-53.
19. Albracht K, Arampatzis A. Exercise-induced changes in triceps surae tendon stiffness and muscle strength affect running economy in humans. *Eur J Appl Physiol.* 18 de enero de 2013;113(6):1605-15.
20. Mahieu NN, McNair P, Cools A, D'Haen C, Vandermeulen K, Witvrouw E. Effect of eccentric training on the plantar flexor muscle-tendon tissue properties. *Med Sci Sports Exerc.* enero de 2008;40(1):117-23.
21. Fouré A, Nordez A, Cornu C. Effects of eccentric training on mechanical properties of the plantar flexor muscle-tendon complex. *J Appl Physiol.* 1 de marzo de 2013;114(5):523-37.
22. Waugh CM, Blazeovich AJ, Fath F, Korff T. Age-related changes in mechanical properties of the Achilles tendon. *J Anat.* febrero de 2012;220(2):144-55.
23. Stenroth L, Peltonen J, Cronin NJ, Sipilä S, Finni T. Age-related differences in Achilles tendon properties and triceps surae muscle architecture in vivo. *J Appl Physiol.* 15 de noviembre de 2012;113(10):1537-44.
24. Narici MV, Maffulli N, Maganaris CN. Ageing of human muscles and tendons. *Disabil Rehabil.* 1 de enero de 2008;30(20-22):1548-54.
25. Grasa J, Calvo B, Delgado-Andrade C, Navarro MP. Variations in Tendon Stiffness Due to Diets with Different Glycotoxins Affect Mechanical Properties in the Muscle-Tendon Unit. *Ann Biomed Eng.* 13 de octubre de 2012;41(3):488-96.
26. Angeline ME, Ma R, Pascual-Garrido C, Voigt C, Deng XH, Warren RF, et al. Effect of Diet-Induced Vitamin D Deficiency on Rotator Cuff Healing in a Rat Model. *Am J Sports Med.* 1 de enero de 2014;42(1):27-34.
27. Watsford AJMML. Creatine Supplementation and Its Effect on Musculotendinous Stiffness and Performance. *J Strength Cond Res Natl Strength Amp Cond Assoc.* 2003;17(1):26-33.
28. Boesen AP, Dideriksen K, Couppé C, Magnusson SP, Schjerling P, Boesen M, et al. Tendon and skeletal muscle matrix gene expression and functional responses to immobilisation and rehabilitation in young males: effect of growth hormone administration. *J Physiol.* 1 de diciembre de 2013;591(Pt 23):6039-52.
29. Ruff KJ, DeVore DP, Leu MD, Robinson MA. Eggshell membrane: A possible new natural therapeutic for joint and connective tissue disorders. Results from two open-label human clinical studies. *Clin Interv Aging.* 2009;4:235-40.
30. Ruff KJ, Winkler A, Jackson RW, DeVore DP, Ritz BW. Eggshell membrane in the treatment of pain and stiffness from osteoarthritis of the knee: a randomized, multicenter, double-blind, placebo-controlled clinical study. *Clin Rheumatol.* 2 de abril de 2009;28(8):907-14.
31. Danesch U. NEM Brand Eggshell Membrane Effective in the Treatment of Pain Associated with Knee and Hip Osteoarthritis: Results from a Six Center, Open Label German Clinical Study. *J Arthritis [Internet].* 2014 [citado 28 de enero de 2016];03(03). Recuperado a partir de: <http://www.omicsgroup.org/journals/nem-brand-eggshell-membrane-effective-in-the-treatment-of-pain-associated-with-knee-and-hip-osteoarthritis-2167-7921.1000136.php?aid=28258>
32. Jensen GS, Lenninger MR, Beaman JL, Taylor R, Benson KF. Support of Joint Function, Range of Motion, and Physical Activity Levels by Consumption of a Water-

- Soluble Egg Membrane Hydrolyzate. *J Med Food*. 1 de septiembre de 2015;18(9):1042-8.
33. Clegg DO, Reda DJ, Harris CL, Klein MA, O'Dell JR, Hooper MM, et al. Glucosamine, Chondroitin Sulfate, and the Two in Combination for Painful Knee Osteoarthritis. *N Engl J Med*. 23 de febrero de 2006;354(8):795-808.
34. Zhang W, Robertson J, Jones AC, Dieppe PA, Doherty M. The placebo effect and its determinants in osteoarthritis: meta-analysis of randomised controlled trials. *Ann Rheum Dis*. 1 de diciembre de 2008;67(12):1716-23.

## 8. ANEXOS

### Anexo 1 – Autorización del comité de ética de la Universidad Pública de Navarra

**upna**  
Universidad  
Pública de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**COMITÉ DE ÉTICA, EXPERIMENTACIÓN ANIMAL Y  
BIOSEGURIDAD**

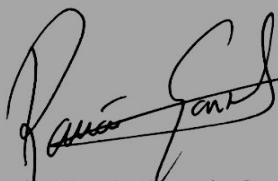
**AUTORIZACIÓN DE PROYECTO CON IMPLICACIONES ÉTICAS O DE  
BIOSEGURIDAD**

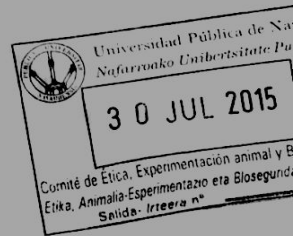
La Comisión evaluadora de los aspectos bioéticos implicados en los proyectos de investigación, del Comité de Ética, Experimentación animal y Bioseguridad de la Universidad Pública de Navarra, en su reunión del día 29 de julio de 2015, ha considerado las circunstancias que concurren en el Proyecto de Investigación: PI-019/15 “*Efectos de la suplementación de membrana de cáscara de huevo sobre alteraciones en articulaciones debidas a degeneración o uso excesivo en personas mayores y deportista*” que tiene como Investigador Principal a D. Mikel Izquierdo Redín.

A la vista de la documentación presentada por la Comisión evaluadora, la cual ha considerado **informar favorablemente** el proyecto de investigación, ya que cumple los requisitos éticos requeridos para su ejecución.

El Comité de Ética, Experimentación animal y Bioseguridad de la Universidad Pública de Navarra, conforme al Apartado 4.2 del Reglamento de funcionamiento de dicho Comité, **autoriza la tramitación administrativa** del proyecto de investigación denominado “*Efectos de la suplementación de membrana de cáscara de huevo sobre alteraciones en articulaciones debidas a degeneración o uso excesivo en personas mayores y deportista*”, con código PI-019/15 y presentado por D. Mikel Izquierdo Redín en cuanto a sus implicaciones éticas o de Bioseguridad.

Pamplona, 30 de julio de 2015

  
Fdo: Ramón Gonzalo García  
Presidente



## **Anexo 2 – Consentimiento informado**

### **CONSENTIMIENTO INFORMADO**

#### ***“Efectos de la suplementación de membrana de cáscara de huevo sobre alteraciones tendinopáticas y articulares en deportistas”***

Yo ....., mayor de edad, con

DNI:.....

O en su defecto

Yo ....., con DNI:.....,

responsable de .....con DNI:.....

Declaro que:

- He leído la hoja de información que se me ha entregado.
- He podido hacer preguntas sobre el estudio.
- He recibido suficiente información sobre el estudio.
- Comprendo que mi participación es voluntaria.
- Comprendo que puedo retirarme del estudio:
  1. Cuando quiera
  2. Sin tener que dar explicaciones.
  3. Sin que esto suponga perjuicios de ningún tipo.
- Comprendo que tengo derecho a conocer los resultados y que podré acceder a ellos.
- Participo libremente en el estudio y doy mi consentimiento para el acceso y utilización de mis datos en las condiciones detalladas en la hoja de información.

Y para que así conste firmo el presente documento en ....., a ..... de ..... de .....

Firma del participante/responsable:	Firma del investigador:
Nombre:	Nombre:
DNI:	DNI:

En cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 5 de la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal, le informamos de que los datos personales obtenidos mediante la cumplimentación del presente formulario serán incluidos, para su tratamiento, en un fichero automatizado, responsabilidad del grupo de Investigación BIOFIM de la Universidad Pública de Navarra, cuya finalidad es la del registro del consentimiento de participantes. De acuerdo con lo previsto en la citada Ley Orgánica, puede ejercitar los derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición ante el responsable del tratamiento dirigiendo una comunicación escrita, o por correo electrónico:

**Coordinador del Proyecto de Investigación:** Lucas Jáuregui Bidegáin

**Dirección:**

**Teléfono:**

**Correo electrónico:**

Este documento se firmará por duplicado quedándose una copia el participante y otra el investigador principal

**INDICE Y PROTOCOLO DEL ESTUDIO**

<b>1- EXPLICACIÓN PREVIA</b>	1.1 ¿De qué trata el estudio? 1.2 ¿Qué se va a medir en las personas? 1.3 Riesgos y posibles beneficios 1.4 Preguntas 1.5 Consentimiento informado
<b>2- MEDICIÓN</b>	2.1 Talla y peso 2.2 Escala ‘Likert’ 2.3 Escala ‘WOMAC’ 2.4 Fuerza TA 2.5 Desplazamiento UMT

**1. EXPLICACIÓN PREVIA**

**1.1 ¿DE QUÉ TRATA EL ESTUDIO?**

Se trata de un estudio experimental controlado y aleatorizado en el que se estudiarán los efectos producidos sobre variables subjetivas de dolor, rigidez y funcionalidad de la extremidad inferior, recogidas mediante escalas cuantitativas previamente validadas, tras la suplementación con membrana de cáscara de huevo (MCH) (OVOMET Health, Eggnovo S.L., Spain) durante 50 días, en una población de deportistas de ‘Crossfit’. Paralelamente se realiza una experiencia pionera para examinar el efecto de la suplementación con MCH en el stiffness lineal del tendón de aquiles.

Mediante la realización del estudio trataremos de comprobar si existe una variación significativa en las escalas subjetivas (‘WOMAC’ y ‘Likert’) y en el stiffness lineal del tendón de aquiles como consecuencia de la suplementación con membrana de cáscara de huevo durante 50 días.

Es por ello que requerimos la presencia de pacientes humanos para poder comprobar con más fiabilidad la hipótesis anteriormente expuesta.

**1.2 ¿QUÉ SE VA A MEDIR EN LAS PERSONAS?**

Se medirá la altura y el peso del sujeto y se rellenarán las escalas de valoración subjetiva.

Se medirá la fuerza en el tendón de aquiles mediante un dinamómetro manual con el sujeto en posición de decúbito prono y con sujeciones pasivas. Simultáneamente se recogerá en video mediante ecografía la excursión de la UMT sóleo – tendón de aquiles. Esta medición se realizara tanto antes como después del periodo de 50 días.

### **1.3 RIESGOS Y POSIBLES BENEFICIOS**

#### **Riesgos de la suplementación**

Alergias, intolerancias derivadas de ella, sobrecargas hepáticas...

#### **Riesgos de la medición**

Sobrecargas y posibles afectaciones musculoesqueléticas derivadas de las mediciones, aunque la mínima fuerza ejercida las hace improbables. Sin embargo, debería tenerse en cuenta en otro tipo de población mas frágil (ancianos, osteoporosis...)

#### **Beneficios de la suplementación**

Disminución del dolor articular, regeneración tendinosa parcial, prevención de lesiones por sobreuso, mejora del rendimiento deportivo

### **1.4 PREGUNTAS**

Antes de la firma del consentimiento informado se atenderá cualquier pregunta para asegurarse que la información ha sido comprendida.

### **1.5 CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Se proporcionará un modelo ya prediseñado con toda la información relevante acerca del estudio además de una parte que va encaminada a ver dejar claros los derechos fundamentales de la persona que accede a entrar al estudio.

## **2. MEDICIÓN**

### **2.1 Talla y peso**

Medición en bipedestación con metro estático y balanza calibrada.

### **2.2 Escala 'Likert'**

Escala a rellenar antes y después de la intervención (50 días).

### **2.3 Escala 'WOMAC'**

Cuestionario a rellenar antes y después de la intervención (50 días).

### **2.4 Fuerza TA**

Medición mediante dinamómetro manual en decúbito prono.

### **2.5 Desplazamiento unión músculo – tendinosa (UMT)**

Medición simultanea a la fuerza del TA, mediante ecografía en tendón de aquiles.



### CUESTIONARIO WOMAC PARA ARTROSIS<sup>1</sup>

Las preguntas de los apartados A, B y C se plantearán de la forma que se muestra a continuación. Usted debe contestarlas poniendo una “X” en una de las casillas.

1. Si usted pone la “X” en la casilla que está más a la izquierda

<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ninguno	Poco	Bastante	Mucho	Muchísimo

indica que NO TIENE DOLOR.

2. Si usted pone la “X” en la casilla que está más a la derecha

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ninguno	Poco	Bastante	Mucho	Muchísimo

indica que TIENE MUCHÍSIMO DOLOR.

3. Por favor, tenga en cuenta:

- a) que cuanto más a la **derecha** ponga su “X” **más** dolor siente usted.
- b) que cuanto más a la **izquierda** ponga su “X” **menos** dolor siente usted.
- c) **No marque** su “X” fuera de las casillas.

Se le pedirá que indique en una escala de este tipo cuánto dolor, rigidez o incapacidad siente usted. Recuerde que cuanto más a la derecha ponga la “X” indicará que siente más dolor, rigidez o incapacidad.

## Apartado A

### INSTRUCCIONES

Las siguientes preguntas tratan sobre cuánto **DOLOR** siente usted en las **caderas y/o rodillas** como consecuencia de su **artrosis**. Para cada situación indique cuánto **DOLOR** ha notado en los **últimos 2 días**. (Por favor, marque sus respuestas con una "X".)

### PREGUNTA: ¿Cuánto dolor tiene?

1. Al andar por un terreno llano.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ninguno	Poco	Bastante	Mucho	Muchísimo

2. Al subir o bajar escaleras.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ninguno	Poco	Bastante	Mucho	Muchísimo

3. Por la noche en la cama.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ninguno	Poco	Bastante	Mucho	Muchísimo

4. Al estar sentado o tumbado.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ninguno	Poco	Bastante	Mucho	Muchísimo

5. Al estar de pie.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ninguno	Poco	Bastante	Mucho	Muchísimo

## Apartado B

### INSTRUCCIONES

Las siguientes preguntas sirven para conocer cuánta **RIGIDEZ** (no dolor) ha notado en sus **caderas y/o rodillas** en los **últimos 2 días**. **RIGIDEZ** es una sensación de dificultad inicial para mover con facilidad las articulaciones. (Por favor, marque sus respuestas con una "X".)

1. ¿Cuánta **rigidez** nota **después de despertarse** por la mañana?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ninguna	Poca	Bastante	Mucha	Muchísima

2. ¿Cuánta **rigidez** nota durante **el resto del día** después de estar sentado, tumbado o descansando?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ninguna	Poca	Bastante	Mucha	Muchísima

## Apartado C

### INSTRUCCIONES

Las siguientes preguntas sirven para conocer su **CAPACIDAD FUNCIONAL**. Es decir, su capacidad para moverse, desplazarse o cuidar de sí mismo. Indique cuánta dificultad ha notado en los **últimos 2 días** al realizar cada una de las siguientes actividades, como consecuencia de su **artrosis de caderas y/o rodillas**. (Por favor, marque sus respuestas con una "X".)

**PREGUNTA: ¿Qué grado de dificultad tiene al...?**

1. Bajar las escaleras.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ninguna	Poca	Bastante	Mucha	Muchísima

2. Subir las escaleras

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ninguna	Poca	Bastante	Mucha	Muchísima

3. Levantarse después de estar sentado.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ninguna	Poca	Bastante	Mucha	Muchísima

4. Estar de pie.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ninguna	Poca	Bastante	Mucha	Muchísima

5. Agacharse para coger algo del suelo.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ninguna	Poca	Bastante	Mucha	Muchísima

6. Andar por un terreno llano.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ninguna	Poca	Bastante	Mucha	Muchísima

7. Entrar y salir de un coche.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ninguna	Poca	Bastante	Mucha	Muchísima

8. Ir de compras.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ninguna	Poca	Bastante	Mucha	Muchísima

9. Ponerse las medias o los calcetines.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ninguna	Poca	Bastante	Mucha	Muchísima

10. Levantarse de la cama.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ninguna	Poca	Bastante	Mucha	Muchísima

11. Quitarse las medias o los calcetines.

☐ Ninguna      ☐ Poca      ☐ Bastante      ☐ Mucha      ☐ Muchísima

12. Estar tumbado en la cama.

☐ Ninguna      ☐ Poca      ☐ Bastante      ☐ Mucha      ☐ Muchísima

13. Entrar y salir de la ducha/bañera.

☐ Ninguna      ☐ Poca      ☐ Bastante      ☐ Mucha      ☐ Muchísima

14. Estar sentado.

☐ Ninguna      ☐ Poca      ☐ Bastante      ☐ Mucha      ☐ Muchísima

15. Sentarse y levantarse del retrete.

☐ Ninguna      ☐ Poca      ☐ Bastante      ☐ Mucha      ☐ Muchísima

16. Hacer tareas domésticas pesadas.

☐ Ninguna      ☐ Poca      ☐ Bastante      ☐ Mucha      ☐ Muchísima

17. Hacer tareas domésticas ligeras.

☐ Ninguna      ☐ Poca      ☐ Bastante      ☐ Mucha      ☐ Muchísima

#### Anexo 5 – Escala ‘Likert’

#### **0-10 ESCALA NUMÉRICA DEL DOLOR**

